

УДК 004.891.3

В. М. ЛЕВИКІН, О. В. ЧАЛА**РОЗРОБКА ПРЕДСТАВЛЕННЯ ПРИЧИННО-НАСЛІДКОВИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ДЛЯ БАЗИ ЗНАНЬ СИСТЕМИ ПРОЦЕСНОГО УПРАВЛІННЯ**

Досліджено проблему побудови представлення знань в системі процесного управління для знання-ємних бізнес-процесів в аспекті відображення причинно-наслідкових зв'язків між контекстом виконання дій та діями бізнес-процесу. Показано, що загальний підхід до вирішення цієї проблеми пов'язаний із виділенням каузальних залежностей на основі аналізу логу подій, що містить записи про поведінку бізнес-процесу. При вирішенні проблеми сформульовано задачі уточнення структури представлення причинно-наслідкового аспекту знань у відповідності до особливостей логу; побудови логічних фактів і правил у відповідності до структури подій логу; формалізації представлення знань з урахуванням фактів, правил та апіорних обмежень. Встановлено, що зв'язок між артефактами контексту та подіями логу бізнес-процесу здійснюється через спільні атрибути. Між артефактами й атрибутами та між подіями й атрибутами існує відношення один до багатьох. Структурована логічна складова бази знань у вигляді логічних фактів та правил. Логічні факти визначають стан бізнес-процесу у дискретні моменти часу на основі значень властивостей артефактів. Правила виводу визначають зміну стану бізнес-процесу. Запропоновано представлення знань, що враховує стан контексту виконання дій бізнес-процесу у вигляді зважених логічних фактів, а також правил виводу, які забезпечують підтримку вибору дій з урахуванням поточного стану контексту. Відмінність запропонованого представлення полягає в тому, що при визначенні фактів враховуються атрибути подій, а правил – структура та послідовність подій логу бізнес-процесу. Також враховуються апіорні знання про предметну область у вигляді обмежень. Практичне значення представлення знань полягає у можливості автоматизованого виявлення причинно-наслідкових залежностей між діями бізнес-процесу у відповідності до інформації, що входить до складу його логу.

Ключові слова: знання-ємні бізнес-процеси, база знань, системи процесного управління, контекст, артефакт, подія, атрибут, причинно-наслідкові зв'язки.

В. М. ЛЕВЫКИН, О. В. ЧАЛА**РАЗРАБОТКА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ДЛЯ БАЗЫ ЗНАНИЙ СИСТЕМЫ ПРОЦЕССНОГО УПРАВЛЕНИЯ**

Исследована проблема построения представления знаний в системе процессного управления для знания-емких бизнес-процессов в аспекте отражения причинно-следственных связей между контекстом выполнения действий и действиями бизнес-процесса. Показано, что общий подход к решению этой проблемы связан с выделением каузальных зависимостей на основе анализа лог событий, содержащего записи о поведении бизнес-процесса. При решении проблемы сформулированы задачи уточнения структуры представления причинно-следственного аспекта знаний в соответствии с особенностями лог; построения логических фактов и правил в соответствии со структурой событий лог; формализации представления знаний с учетом фактов, правил и априорных ограничений. Установлено, что связь между артефактами контекста и событиями лог бизнес-процесса осуществляется через общие атрибуты. Между артефактами и атрибутами и между событиями и атрибутами существует отношение один ко многим. Структурирована логическая составляющая базы знаний в виде логических фактов и правил. Логические факты определяют состояние бизнес-процесса в дискретные моменты времени на основе значений свойств артефактов. Правила вывода определяют изменение состояния бизнес-процесса. Предложено представление знаний, учитывающее состояние контекста выполнения действий бизнес-процесса в виде взвешенных логических фактов, а также правил вывода, которые обеспечивают поддержку выбора действий с учетом текущего состояния контекста. Отличие предложенного представления заключается в том, что при определении фактов учитываются атрибуты событий, а правил - структура и последовательность событий лог бизнес-процесса. Также учитываются априорные знания о предметной области в виде ограничений. Практическое значение представления знаний состоит в возможности автоматизированного выявления причинно-следственных зависимостей между действиями бизнес-процесса в соответствии информацией в его лог.

Ключевые слова: знание-емкие бизнес-процессы, база знаний, системы процессного управления, контекст, артефакт, событие, атрибут, причинно-следственные связи

V. M. LEVYKIN, O. V. CHALA**DEVELOPMENT OF THE REPRESENTATION OF CAUSE-EFFECT DEPENDENCIES FOR THE KNOWLEDGE BASE OF THE BUSINESS PROCESS MANAGEMENT SYSTEM**

The problem of constructing knowledge representation in the process control system for knowledge-capacious business processes in the aspect of reflecting the cause-effect relationships between the context of performance of actions and the actions of the business process is studied. It is shown that the general approach to solving this problem is related to the isolation of causal dependencies on the basis of an analysis of the event log containing records of the behavior of the business process. When solving the problem, problems of clarifying the structure of the representation of the cause-effect aspect of knowledge are formulated in accordance with the features of the log of the information system of process control; the construction of logical facts and rules in accordance with the structure of log events; formalization of knowledge representation taking into account facts, rules and a priori restrictions. It is established that the connection between the artifacts of the context and the events of the business process log is carried out through common attributes. Between artifacts and attributes and between events and attributes, there is one-to-many relationship. The logical component of the knowledge base is structured in the form of logical facts and rules. Logical facts determine the state of the business process at discrete points in time based on the values of the properties of artifacts. The output rules determine the change in the state of the business process. A knowledge representation is proposed that takes into account the state of the context for the execution of business process actions in the form of weighted logical facts, as well as output rules that support the selection of actions taking into account the current state of the context. The difference between the proposed representation is that when defining facts, the attributes of events are taken into account, and the rules are the structure and sequence of events of the business process log. A priori knowledge of the subject area in the form of constraints is also taken into account. The practical importance of the knowledge representation is the ability to automatically identify the cause-effect relationships between the actions of the business process in accordance with the information in its log.

Keywords: knowledge-intensive business processes, knowledge base, process management systems, context, artifact, event, attribute, cause-effect relationships

© В. М. Левикин, О. В. Чала, 2018

Вступ. Системи процесного управління реалізують управління множиною бізнес-процесів (БП) підприємства. Бізнес-процес описує схему дій щодо вирішення відповідної функціональної задачі. На відміну від функціонального підходу до управління, при процесному управлінні організаційна структура підприємства враховується лише частково, процеси об'єднують виконавців із різних підрозділів [1]. Процесне управління підприємством базується на використанні моделей бізнес-процесів [2]. Традиційно при процесному управлінні реалізується цикл побудови моделей, їх впровадження, управління за допомогою моделей, аналізу, а також коригування моделей після завершення виконання бізнес-процесу.

Однак в умовах постійних змін вимог ринку, складу виконавців, заміни ресурсів процесу виникає практична потреба в уточненні дій безпосередньо при виконанні БП, що в результаті призводить до виникнення невідповідності між знання-ємним бізнес-процесом та його моделлю. Дана проблема є особливо актуальною для класу знання-ємних бізнес-процесів, тому що такі процеси є багатоваріантними та можуть змінювати поточну послідовність дій за результатами рішень виконавців з урахуванням поточних зовнішніх впливів [3]. Рішення виконавців базуються не лише на загальновідомих знаннях про бізнес-процесі, але й на отриманому під час виконання БП специфічному для конкретного процесу та стану предметної області персональному досвіді [4], який не відображено у процесній моделі.

В результаті виникає актуальна проблема побудови представлення знань в системі процесного управління, яке забезпечувало б можливість автоматизованого їх виявлення. Потреба у автоматизованій побудові знань є наслідком неефективності традиційних методів інженерії знань щодо виявлення неявних знань виконавців, оскільки останні не мають вербальної форми.

Для виявлення таких знань зазвичай використовують підходи, пов'язані з аналізом поведінки процесів або об'єктів та подальшою формалізацією закономірностей такої поведінки.

Поведінка бізнес-процесів фіксується інформаційною системою процесного управління у вигляді логів (журналів подій). Кожен журнал містить декілька наборів подій. Кожен набір фіксує одну реалізацію бізнес-процесу. Опис події логу містить інформацію про дію процесу та контекстні умови виконання цієї дії, що дозволяє визначити причинно-наслідкові залежності між діями та умовами запуску цих дій.

Таким чином, представлення знань інформаційної системи процесного управління повинно враховувати представлені в логах особливості поведінки знання-ємного бізнес-процесу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ключова відмінність знання-ємних бізнес-процесів полягає в тому, що при їх адаптації використовуються неявні патерни управління та обмеження, які є відображення персонального досвіду виконавців і не завжди входять до складу його моделі [4, 5].

Безпосереднє включення цих патернів до моделі процесу потребує значних витрат на перебудову і переконфігурацію моделі.

Для того, щоб враховувати додаткові залежності при управлінні ЗБП, доцільно виділити відповідні знання і представити їх у формальному вигляді в рамках бази знань з тим, щоб використовувати цю базу для підтримки прийняття рішень [6].

Такі знання повинні враховувати причинно-наслідкову та ймовірнісну складові [7–11]. Однак підходи до представлення знань, що поєднують ці аспекти, не враховують розглянуті особливості процесного управління, а також форму представлення інформації про поведінку бізнес-процесів.

Зазначене свідчить про важливість розробки представлення знань для інформаційної системи процесного управління з урахуванням причинно-наслідкових зв'язків, інформація про які представлена у логах бізнес-процесів підприємства.

Метою даної статті є розробка представлення знань для відображення причинно-наслідкових зв'язків між контекстом виконання дій та діями бізнес-процесу із можливістю врахування ймовірнісної складової для того, щоб забезпечити автоматизовану побудову бази знань на основі аналізу логів системи процесного управління.

Для досягнення поставленої мети вирішуються такі завдання:

- уточнення структури представлення причинно-наслідкового аспекту знань у відповідності до особливостей логу інформаційної системи процесного управління;
- побудова логічних фактів і правил у відповідності до структури подій логу;
- формалізація представлення знань з урахуванням фактів, правил та апріорних обмежень.

Структуризація представлення знань в інформаційній системі процесного управління. Запропоноване представлення знань базується на використанні марковських логічних мереж. Такі мережі дозволяють поєднати логічний та ймовірнісний опис знань. Дана робота присвячена опису логічної складової представлення знань.

Логічна складова такого представлення оперує константами, змінними, функціями та предикатами.

Константи відображають об'єкти предметної області. Сукупність таких об'єктів складає контекст виконання бізнес-процесу.

Зазвичай об'єкти, з якими взаємодіє процес, називають артефактами. В якості артефактів, як правило, розглядають документи, деталі, матеріали, станки, програми, тощо. Артефакти є типізованими, тобто розбиваються на множини, які відповідають різним типам об'єктів.

Змінна дозволяє відобразити підмножину об'єктів відповідного типу.

Функція дозволяє відобразити одну множину об'єктів на іншу. Так, наприклад, формується ієрархія артефактів контексту бізнес-процесу.

Предикати задають зв'язки між об'єктами або визначають атрибути об'єктів.

Властивості артефактів відображені в журналі подій бізнес-процесу в якості атрибутів.

Лог містить у собі множину послідовностей подій, що відображають відомі варіанти поведінки бізнес-процесу [12]. Фрагмент логу із двох послідовних подій представлено на рис. 1.

```
<event>
  <string key=" org:group " value="L40 3rd"/>
  <string key=" resource country " value="France"/>
  <string key=" organization country " value="fr"/>
  <string key=" org:resource" value ="Sophie"/>
  <string key=" organization involved " value="Org line A2"/>
  <string key=" org:role " value="D_1"/>
  <string key=" concept:name " value="Accepted"/>
  <string key=" impact" value ="Low"/>
  <string key=" product" value ="PROD609"/>
  <string key="lifecycle:transition" value="Wait - User"/>
  <date key="time:timestamp" value="2012-05-14T11:04:30+02:00"/>
</event>
<event>
  <string key="org:group" value="L40 3rd"/>
  <string key="resource country" value="France"/>
  <string key="organization country" value="fr"/>
  <string key="org:resource" value="Sophie"/>
  <string key="organization involved" value="Org line A2"/>
  <string key="org:role" value="D_1"/>
  <string key="concept:name" value="Completed"/>
  <string key="impact" value="Low"/>
  <string key="product" value="PROD609"/>
  <string key="lifecycle:transition" value="Resolved"/>
  <date key="time:timestamp" value="2012-05-14T11:04:40+02:00"/>
</event>
```

Рис. 1. Фрагмент логу бізнес-процесу сервісного обслуговування підприємства VolvoIT із двох подій

Подія (event) характеризує стан артефактів контексту в момент її виникнення. Цей стан задається через значення атрибутів події.

Атрибути події еквівалентні атрибутам артефактів, як показано на рис. 2. Тобто зв'язок між артефактами контексту та подіями логу бізнес-процесу здійснюється через спільні атрибути. Відповідно, як між артефактами й атрибутами так і між подіями та атрибутами існує відношення 1:М (один до багатьох).

Таким чином, властивості події можуть бути безпосередньо відображені на властивості артефактів. Єдина відмінності події полягає у наявності мітки часу, коли виникла подія. Мітка має такий вигляд: "date key="time:timestamp" value="2012-05-14T11:04:30+02:00".

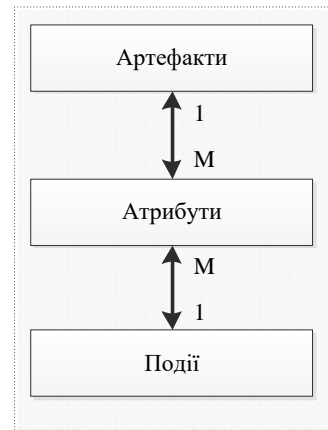


Рис. 2. Зв'язок між артефактами контексту та подіями логу бізнес-процесу

Ми можемо узагальнити події в базі знань, віднісши їх до окремого типу із властивістю у вигляді константи часу.

В цілому, з точки зору користувача бази знань, логічна складова поєднує множину логічних фактів та множину правил виводу на цих фактах, як показано на рис. 3.

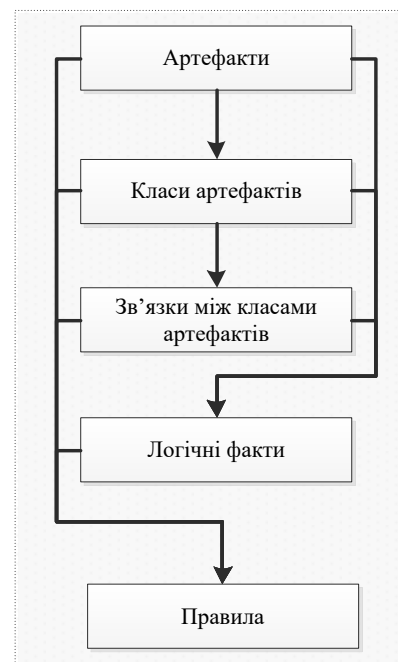


Рис. 3. Структура представлення знань

Логічні факти визначають стан бізнес-процесу у дискретні моменти часу на основі значень властивостей артефактів та представлені у вигляді предикатів із заданими значеннями аргументів. Правила виводу визначають зміну стану бізнес-процесу.

Шаблони для логічних фактів є залежності між класами артефактів. Істинність логічних фактів визначається після підставлення значень конкретних артефактів та їх властивостей у цей шаблон.

Логічні правила задають шаблони, що зв'язують контекст та виконані дії бізнес-процесу як показано на рис. 4.

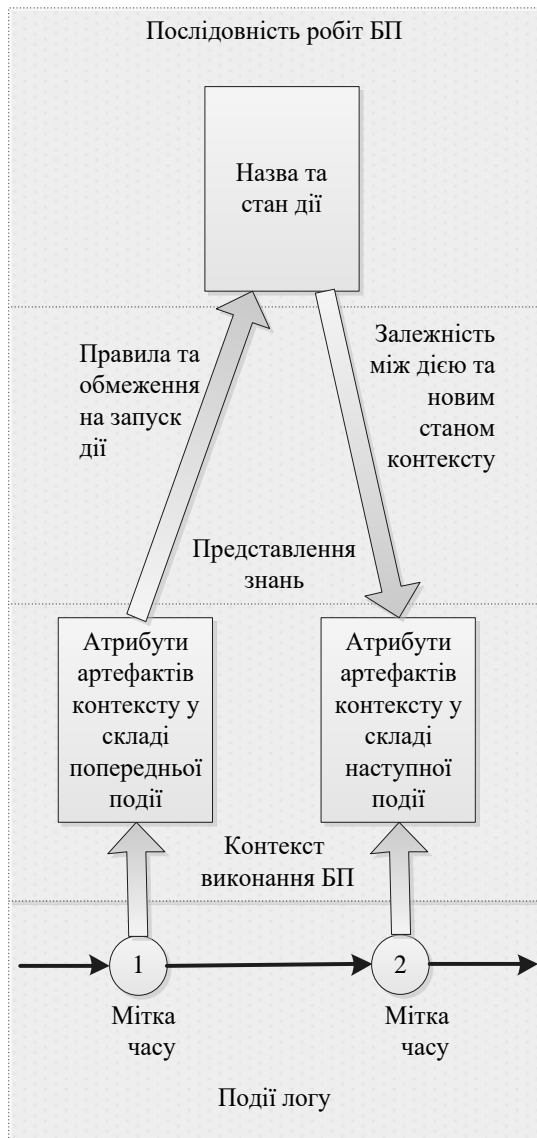


Рис. 4. Зв'язок між подіями логу бізнес-процесу, артефактами контексту, представленням знань та діями БП

Ймовірна складова призначена для представлення невизначеності логічних фактів та правил виводу щодо цих фактів.

Невизначеність реалізується шляхом призначення ваг логічним фактам та правилам виводу.

Побудова логічних фактів і правил у відповідності до структури подій логу. Розглянемо опис логічних фактів та правил на прикладі фрагменту журналу подій на рис. 1.

Для першої події, зокрема, вказано такі значення атрибутів:

- атрибут з назвою дії процесу "*concept:name*" має значення "*Accepted*", тобто виконується дія з прийняття заявки на сервісне обслуговування;
- атрибут з назвою стану дії процесу "*lifecycle:transition*" має значення "*Wait – User*",

тобто в момент виникнення події очікується реакція користувача.

Тоді логічний факт, що поточний стан дії процесу (*lifecycle:transition*) становить "*Wait – User*" для дії "*Accepted*" має вигляд:

$$\text{lifecycle:transition}(\text{"Accepted"}, \text{"Wait – User"}), 0,65. \quad (1)$$

Ймовірна складова відображена у вигляді ваги. Вага даного факту для всіх подій журналу, що відображають стан дії "*Accepted*", становить 0,65. Чим вище ця вага, тим більшою є ймовірність наведеного факту.

В даному прикладі ми розширюємо поняття «артефакт» не лише на об'єкти, з якими оперує процес, але і на дії БП.

Це узагальнення не порушує наведену на рис. 4 структуру знання-ємного бізнес-процесу. Така структура містить у собі послідовність робіт, представлення знань та контекст виконання дій ЗБП.

Поточний стан контексту, що впливає на вибір послідовності дій виконавцем, залежить не тільки від властивостей та стану документів, деталей, вузлів, які використовує процес, але й від поточного стану дії, яку цей БП виконує.

Узагальнений логічний факт (1) представимо у вигляді відношення, що встановлює зв'язки між елементами множини D' , яка містить підмножину дій бізнес-процесу та підмножини S' можливих станів цих дій:

$$\text{lifecycle:transition}(d \in D', s \in S') = \begin{cases} \text{true} \\ \text{false} \end{cases}, \quad (2)$$

де d – назва дії бізнес-процесу;

s – назва стану дії бізнес-процесу.

Правила виводу визначають зв'язки між логічними фактами. У відповідності до схеми на рис. 4 ми вводимо два типи правил:

- правила та обмеження на виконання дії, що визначають залежність між станом контексту (антецедент) та діями процесу (консеквент);
- залежності між виконаною дією та станом контексту.

Перше правило для логу на рис. 1 має вигляд (3). Дане правило будується на описі першої дії логу, тобто індекси і атрибутів артефактів і дії та її стану мають індекс 1. Відзначимо, що у виразі (3) для наглядності деталізовано логічні факти антецеденту та консеквенту

Зазвичай перелік атрибутів є ідентичним для всіх подій логу. Тому антецедент даного правила відповідає будь-якій події журналу.

Друге правило має вигляд (4).

Опис множин підрозділів, виконавців, країн, тощо, є аналогічним опису для виразу (3). Верхній індекс 2 для цих множин свідчить про їх відповідність другій події логу.

$$\left(\begin{array}{l} \text{org} : \text{group}(\text{gr} \in \text{Gr}^1) \wedge \\ \text{resource country}(\text{rc} \in \text{Rc}^1) \wedge \\ \text{organization country}(\text{oc} \in \text{Oc}^1) \wedge \\ \text{org} : \text{resource}(\text{rs} \in \text{Rs}^1) \wedge \\ \text{organization involved}(\text{org} \in \text{Org}^1) \wedge \\ \text{org} : \text{role}(\text{rl} \in \text{Rl}^1) \wedge \\ \text{impact}(\text{im} \in \text{Im}^1) \wedge \text{product}(\text{pr} \in \text{Pr}^1) \end{array} \right) \rightarrow$$

$$\left(\begin{array}{l} \text{lifecycle} : \text{transition}(d \in D^1, s \in S^1) \wedge \\ \text{concept} : \text{name}(d \in D^1) \end{array} \right),$$

$$w^1,$$

Де w^1 – вага даного правила;
 Gr^1 – множина груп (або підрозділів) виконавців першої дії;
 Rc^1 – множина країн, що надають ресурси для першої дії;
 Oc^1 – країни, в якій працюють підприємства з цим БП;
 Rs^1 – множина допустимих виконавців дії;
 Org^1 – множина можливих залучених організацій;
 Rl^1 – множина можливих ролей виконавця;
 Im^1 – множина можливих рівнів важливості дії;
 Im^1 – множина продуктів, які обробляються при виконанні цієї дії;
 D^1 – множина можливих назв дії d ;
 S^1 – множина можливих станів дії d .

Перше правило задає як умови для запуску дії або зміни стану $d \in D^1$, так і обмеження при виконанні дії. Відмінність між ними полягає у значенні ваги w^1 . У випадку, якщо вага формули дорівнює ∞ , то дане правило виступає в якості обмеження.

$$\left(\begin{array}{l} \text{lifecycle} : \text{transition}(d \in D^1, s \in S^1) \wedge \\ \text{concept} : \text{name}(d \in D^1) \end{array} \right) \wedge$$

$$\left(\begin{array}{l} \text{org} : \text{group}(\text{gr} \in \text{Gr}^2) \wedge \\ \text{resource country}(\text{rc} \in \text{Rc}^2) \wedge \\ \text{organization country}(\text{oc} \in \text{Oc}^2) \wedge \\ \text{org} : \text{resource}(\text{rs} \in \text{Rs}^2) \wedge \\ \text{organization involved}(\text{org} \in \text{Org}^2) \wedge \\ \text{org} : \text{role}(\text{rl} \in \text{Rl}^2) \wedge \\ \text{impact}(\text{im} \in \text{Im}^2) \wedge \text{product}(\text{pr} \in \text{Pr}^2) \end{array} \right)$$

$$\rightarrow$$

$$w^2,$$

де w^2 – вага даного правила.

Друге правило задає перехід від першої до другої події при виконанні бізнес-процесу. Правило пов'язує логічні факти, що визначають попередній стан *lifecycle:transition* дії *concept:name*, та наступний стан контексту, який охоплює групу виконавців *org:group*, країну *resource country* та *organization country*, ім'я виконавця дії *org:resource*, роль виконавця у бізнес-процесі *org:role*, важливість дії для бізнес-процесу *impact*, та продукт, який обробляє бізнес-процес *product*.

Представлення знань з урахуванням фактів, правил та апіорних обмежень. Для послідовності дій бізнес-процесу задаються також наступні загальні обмеження.

По-перше, і в антецеденті і консеквентні може бути представлена одна дія, яка просто змінює свій стан:

$$D^1 \text{ I } D^2 \neq \emptyset \Rightarrow D^1 \text{ I } D^2 = d, \quad (5)$$

де D^1, D^2 – множини допустимих дій, що відповідають першій та другій події;
 d – дія, що записана в обох подіях логу.

По-друге, послідовність зміни станів на трасі логу розглядатимемо як ациклічну (що є дійсним у більшості випадків), тобто:

$$S^1 \text{ I } S^2 = \emptyset \mid D^1 \text{ I } D^2 = d, \quad (6)$$

де S^1, S^2 – множини допустимих станів дій, що відповідають першій та другій події;

Таким чином, представлення знань інформаційної системи процесного управління у її логічному аспекті має такий вигляд:

$$KB = \left\{ \begin{array}{l} \{(f_i, w_i), \{r_j, w_j\}\} \\ \mid \forall f_i \exists \{af_k\} : f_i(\{af_k\}) = \{true, false\} \wedge \\ \forall r_j \exists \{f_i\} : r_j(\{f_i\}) = \{true, false\} \wedge C \end{array} \right\}, \quad (7)$$

де f_i – логічний факт;

w_i – вага логічного факту f_i ;

r_j – правило;

w_j – вага правила r_j , $0 \leq w_j \leq \infty$;

af_k – артефакт контексту виконання бізнес-процесу;

C – апіорні знання про предметну область, що задають узагальнені обмеження на правила.

У відповідності до виразу (7), правила в базі знань оперують фактами, які визначаються на основі артефактів контексту БП. В свою чергу, артефакти визначаються своїми властивостями, представленими в описі подій логу, як було показано у прикладі (1).

Висновки. Розглянуто проблему побудови представлення знань в системі процесного управління в аспекті відображення причинно-наслідкових зв'язків між контекстом виконання дій та діями бізнес-процесу.

Запропоновано представлення знань, що враховує стан контексту виконання дій бізнес-процесу у вигляді зв'язаних логічних фактів, а також зв'язаних правил виводу, які забезпечують підтримку вибору дій з урахуванням поточного стану контексту. Відмінність запропонованого представлення полягає в тому, що при визначенні фактів враховуються атрибути подій, а правил – атрибути дій та послідовність подій логічного бізнес-процесу.

Практичне значення представлення знань полягає у можливості автоматизованої побудови причинно-наслідкових залежностей між діями бізнес-процесу для бази знань системи процесного управління. Вказані залежності формуються у відповідності до атрибутів та послідовності подій його логічного.

Список літератури

1. Dumas M., Rosa M., Mendling J., Reijers H. A. *Fundamentals of Business Process Management*. Springer, 2013. 391 p.
2. Van Der Aalst W. M. P. *Business Process Management: A Comprehensive Survey*. *ISRN Software Engineering*. 2013. P. 1–37.
3. Weske M. *Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures*. Berlin: Springer-Verlag, 2012. 403 p.
4. Gronau N. *Modeling and Analyzing knowledge intensive business processes with KMDL: Comprehensive insights into theory and practice*. Gito, 2012. 522 p.
5. El-Den J. A. *Tacit knowledge externalization among geographically distributed small groups*. PhD Thesis's. University of Technology, Sydney, Australia, 2009. 323 p.
6. Bollacker K., Evans C., Paritosh P., Sturge T., Taylor J. Freebase: a collaboratively created graph database for structuring human knowledge. *SIGMOD/PODS '08 International Conference on Management of Data*. New York, NY, USA, 2008. P. 1247–1250.
7. Kollar D., Friedman N. *Probabilistic graphical models: principles and techniques*. The MIT Press, 2009. 1270 p.
8. Singla P., Domingos P. Entity resolution with Markov logic. *6 th International Conference on Data Mining (ICDM)*, 2006. P. 572–582.
9. Huynh T. N., Mooney R. J. Discriminative structure and parameter learning for markov logic networks. *Proceedings of the 25th International Conference on Machine Learning (ICML)*. Helsinki, Finland, 2008. P. 416–423.
10. Kok S., Domingos P. Learning markov logic networks using structural motifs. *SIGMOD/PODS '10 International Conference on Management of Data*. New York, NY, USA, 2010. P. 551–558.
11. Richardson M., Domingos P. Markov logic networks. *Machine learning*, 2006. № 62(1–2). P.107–136.
12. Acampora G., Vitiello A., Stefano B. Di, Van Der Aalst W. M. P., Günther C. IEEE 1849: The XES Standard - The Second IEEE Standard Sponsored by IEEE Computational. *Intelligence Society. IEEE Computational Intelligence Magazine*. 2017. Vol 12 (2). P 4–8.

References (transliterated)

1. Dumas M., Rosa M., Mendling J., Reijers H. A. *Fundamentals of Business Process Management*. Springer, 2013. 391 p.
2. Van Der Aalst W. M. P. *Business Process Management: A Comprehensive Survey*. *ISRN Software Engineering*. 2013. pp. 1–37.
3. Weske M. *Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures*. Berlin, Springer-Verlag, 2012. 403 p.
4. Gronau N. *Modeling and Analyzing knowledge intensive business processes with KMDL: Comprehensive insights into theory and practice*. Gito, 2012. 522 p.
5. El-Den J. A. *Tacit knowledge externalization among geographically distributed small groups*. PhD Thesis's. University of Technology, Sydney, Australia, 2009. 323 p.
6. Bollacker K., Evans C., Paritosh P., Sturge T., Taylor J. Freebase: a collaboratively created graph database for structuring human knowledge. *SIGMOD/PODS '08 International Conference on Management of Data*. New York, NY, USA, 2008. pp. 1247–1250.
7. Kollar D., Friedman N. *Probabilistic graphical models: principles and techniques*. The MIT Press, 2009. 1270 p.
8. Singla P., Domingos P. Entity resolution with Markov logic. *6 th International Conference on Data Mining (ICDM)*, 2006, pp. 572–582.
9. Huynh T. N., Mooney R. J. Discriminative structure and parameter learning for markov logic networks. *Proceedings of the 25th International Conference on Machine Learning (ICML)*. Helsinki, Finland, 2008, pp. 416–423.
10. Kok S., Domingos P. Learning markov logic networks using structural motifs. *SIGMOD/PODS '10 International Conference on Management of Data*. New York, NY, USA, 2010, pp. 551–558.
11. Richardson M., Domingos P. Markov logic networks. *Machine learning*, 2006, № 62(1–2), pp.107–136.
12. Acampora G., Vitiello A., Stefano B. Di, Van Der Aalst W. M. P., Günther C. IEEE 1849: The XES Standard - The Second IEEE Standard Sponsored by IEEE Computational. *Intelligence Society. IEEE Computational Intelligence Magazine*. 2017, vol 12, issue 2. pp. 4–8.

Надійшла (received) 05.06.2018

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Левикін Віктор Макарович (Левыкин Виктор Макарович, Levykin Victor Makarovich) – доктор технічних наук, професор, Харківський національний університет радіоелектроніки, завідувач кафедри інформаційних управляючих систем, м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7929-515X>; e-mail: levykinvictor@gmail.com

Чала Оксана Вікторівна (Чалая Оксана Викторовна, Chala Oksana Viktorivna) – кандидат економічних наук, доцент, Харківський національний університет радіоелектроніки, доцент кафедри інформаційних управляючих систем, м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8265-2480>; e-mail: oksana.chala@nure.ua